

OPTICAL PATH NETWORK CONFIGURATION METHOD

Patent Number: JP7250356
Publication date: 1995-09-26
Inventor(s): HAMAZUMI YOSHIYUKI; others: 02
Applicant(s): NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
Requested Patent: JP7250356
Application Number: JP19940038827 19940309
Priority Number(s):
IPC Classification: H04Q3/52; H04B10/02; H04Q11/04
EC Classification:
Equivalents: JP3224114B2

Abstract

PURPOSE:To reduce a setting time and the number of wavelengths by setting an optical path so as to minimize the number of accommodated optical paths of an optical transmission line and reducing the number of multiple wavelengths by 2nd setting in the optical communication network where wavelength multiplex optical cross connectors are connected by the optical transmission line.

CONSTITUTION:The optical communication network in which wavelength multiplex cross connectors 1-9 having plural nodes are interconnected by corresponding optical transmission lines 11-22 is controlled by an optical path controller 41. For example, an optical path 31 or the like of the shortest path minimizing the number of accommodated optical paths accommodated in the transmission lines 11-22 is set as a current path between a start point 33 and an end point 34. Similarly, an optical path 32 being a bypass with a few standby optical path accommodation number is set as a standby path to each of the transmission lines 11, 12, 15, 20. Furthermore, as to optical paths maximizing the number of multiplexed wavelengths, a current path and a standby path are set again to decrease the number of wavelengths. The setting time is reduced by the method with less setting number and the number of multiplexed wavelengths is reduced.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-250356

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int.Cl. ^a	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 Q 3/52	C	9076-5K		
H 0 4 B 10/02				
H 0 4 Q 11/04				
		7739-5K	H 0 4 B 9/ 00	H
		9076-5K	H 0 4 Q 11/ 04	L
			審査請求 未請求 請求項の数 4	OL (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平6-38827

(22) 出願日 平成6年(1994)3月9日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 濱住 義之

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 長津 尚英

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 佐藤 健一

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

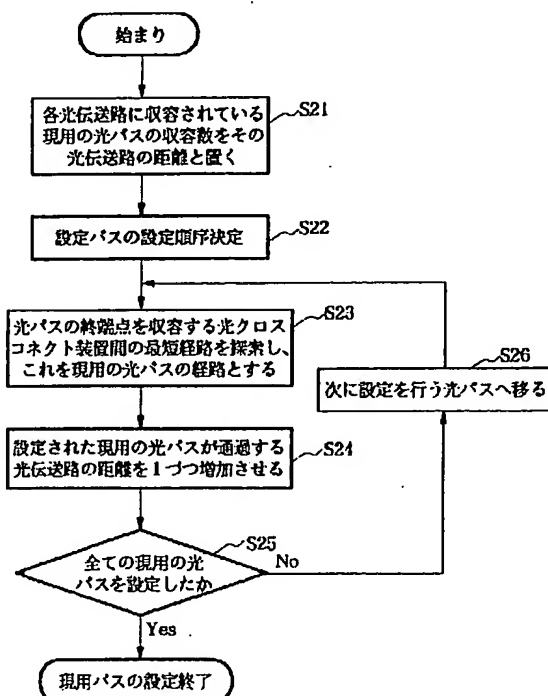
(54) 【発明の名称】 光バス網構成方法

(57) 【要約】

【目的】 光バス網の現用および予備の経路を一つの伝送路に経路収容数が偏ることなく設定し、必要とする波長数を低減させる。

【構成】 予備バスの経路探索を全ての光伝送路の故障を想定し光伝送路の距離（経路収容数）を算出し最短経路の探索を行う。多重波長数が最大となる光伝送路についてだけ波長低減を行う。

【効果】 光バスの収容設計に要する手間数の低減、すなわち計算時間の短縮化をはかることができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長多重を用いた光クロスコネクタ装置を有する複数のノードと、これらのノードを接続する複数の光伝送路とを備えた光通信網内のノード間を接続する経路を設定する光バス網構成方法において、前記光伝送路に収容される光バスの収容数が最小になる経路を現用の経路として設定するステップと、各光伝送路毎にそれぞれ 1箇所づつ故障が発生したものと想定し故障時のそれぞれの光伝送路の前記現用の経路に対する迂回経路の収容数が最小となる迂回経路を前記現用の経路の予備の経路として設定するステップと、設定された現用および予備の経路を構成するに必要とする波長数が少なくなるように現用および予備の経路を再度設定するステップとを備えたことを特徴とする光バス網構成方法。

【請求項 2】 前記再度設定するステップは、多重波長数が最大となる光伝送路を含む 1以上の光伝送路については実行する請求項 1記載の光バス網構成方法。

【請求項 3】 一つの現用または予備の経路の始点から終点間に同一波長が割当てられるように設定する請求項 1記載の光バス網構成方法。

【請求項 4】 同一の始点および終点を有する現用および予備の経路について同一波長が割当てられるように設定する請求項 1記載の光バス網構成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、多数のノード間を波長多重された光伝送路により接続する光通信網において、2つのノード間に設定される光バスを網内にできるだけ合理的に設定する方法に関する。特に光バス網において必要となる波長数を低減させる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来例を図 9～図 11を用いて説明する。図 9は光バス網の構成を示す図である。図 10および図 11は従来例の光バスを設定する手順を示すフローチャートである。図 10に示す手順は本願と同一の出願人に係る特許出願、特願平 5-289492号（本願出願時に未公開）に記載されており、設定すべき光バスの経路に対し各光伝送路に収容される光バス数が均等になるように、経路を最短経路探索を用いて決定する光バス設定手法である。

【0003】この光バス設定手法により、故障切替を考慮しない場合において、光伝送路毎に波長割当てを行う光バス網において必要となる波長数を低減できる。以下に図 9の光バス網に、この従来の光バス設定手法を用いて光バス 31を設定する手順を説明する。ただし、本手法は現用の光バスを設定する手法であるため、図 9中の予備の光バス 32の設定は行わない。

【0004】光バス 31の接続要求が光バス制御装置 41に入力した場合、制御部 42において光バス 31の経

2

路を設定することになる。最初に、設定を行う光バス 31の終端点 33および 34間の位置情報を光バス制御装置 41に入力する（S1）。経路探索を行う場合に使用するデータとして、すでに設定されている光バスの経路データを光バスデータ記憶装置 43から読み取り、制御部 42に取り込む。このデータに基づき、各光伝送路 11～22を通過する光バス数を算出し、この値を各光伝送路 11～22における距離と置く（S2）。S2において求めた各光伝送路 11～22の距離を用いて、光バス 31の終端点 33および 34を収容する光クロスコネクタ装置 1および 9間を結ぶ最短経路を探索する（S3）。この結果得られた経路は、収容バス数が少ない光伝送路 11、12、15、20を通過することとなり全光伝送路 11～22に対し光バスを均等に収容する経路が探索される。この例においては光伝送路 11、12、15、20を通過する経路が選択されたものとする。この経路を光バス 31の経路とし、光バス 31の設定を行う（S4）。光バス 31の設定が終了した後、全ての光バスの設定が終了したかを判定する（S5）。この結果、全ての光バスの経路が決定すれば、光バスの設定を終了し、まだ設定されていない光バスが存在すれば、それらの光バスの経路を全て設定するまで S3～S5を繰り返す。

【0005】以上の光バス設定手順により、故障切替を考慮しない場合において、網内で必要となる波長数の低減化をはかる光バス網の設定が最短経路探索を用いて行える。

【0006】次に、故障切替を考慮した場合の光バスの収容法について、図 9の光バス網の構成図と図 11の光バスを設定する手順を示すフローチャートを用いて説明する。図 11の手法は本願と同一の出願人に係る別の特許出願、特願平 5-336330号（本願出願時に未公開）に記載されている手法であり、現用と予備の光バスの経路候補を全て探索し、その中からランダムに選択し光バスを設定する手法である。網における故障切替は、例えば光伝送路 11が故障した場合、光伝送路 11を通過する現用の光バス 31が故障することとなり、この光バス 31を復旧するためには故障した光バス 31を予備の光バス 32に切替える必要がある。本従来例は、現用と予備の光バスに対し同じ波長を割り当てる方式に適用可能である。

【0007】以下の記述では、現用の光バス 31とそれに対応する予備の光バス 32が設定される場合について説明する。ただし、光バス制御装置 41において最初に行われる処理は、初めに述べた最短経路探索法を用いる光バス設定手順における処理と同じであるため説明を省略する。

【0008】光バス 31に対し割当てを行う波長の番号の初期化を行う。例えばここでは、波長の識別番号を“1”とすることにより、初期化を行う（S11）。次

に、光パス 31 の終端点 33 および 34 を収容する光クロスコネクタ装置 1 および 9 を結び、かつ波長 “1” が他の光パスに割当てられていない光伝送路 11~22 を結び構成できる経路候補を全て求める (S12)。この結果、光パスの経路候補が存在するかを判定する (S13)。このとき経路候補が存在するならば、次の処理 (S15) を行う。存在しなければ S14 の処理を行う。

【0009】まず、S14 以降の処理について説明する。波長が他の光パスに割当てられており、割当可能となる波長が存在しない場合において、経路候補は存在しない。そのため、光パスに割当てる波長として別の波長を用意し、経路を探索する必要がある。光パスに割当てる波長を変えるために、経路探索に用いた波長の番号を “1” 増加させる (S14)。この新たな波長を用いて S12、S13 の処理を行い、現用の光パスの経路候補が探索できるまで繰り返す。

【0010】経路候補が存在する場合、この中から 1 個の経路候補を選択する (S15)。この選択された経路を現用の光パスの経路と仮定し、この現用の光パスと同一波長を割り当てた予備の光パスの経路候補を探索する (S16)。この結果、経路候補が存在すれば、その中から一つの候補を選び予備の光パスとする (S19)。経路候補が存在しない場合、他の現用の経路候補が存在する場合は、まだ選択されていない経路候補のうち 1 個を選択し S15~S17 の処理を行う。現用の光パスの経路候補が存在していない場合は、S14~S17 の手順を繰り返す。以上の手順により現用の光パス 31 と予備の光パス 32 の経路とそれらに割り当てられる波長が決定される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】特願平 5-28949 2 号において示した現用の光パスを最短経路を用いて設定する手法では、現用の光パスを光パス網内に均等に収容することができる。これに対し予備の光パスは、常時全てが使用されるのではなく、光伝送路等の故障が発生した場合において切断された光パスを復旧するために使用される。このため、この手法を用いて予備の光パスを収容しようとした場合、全ての予備の光パスを網に対し均等に収容することとなるため、ある故障が発生した場合に切替えられる予備の光パスが特定の光伝送路に集中することがある。この場合、予備の光パスが集中している光伝送路における必要波長数が増大する。この結果、予備の光パスも含めた収容設計を行う場合、現用と予備の光パスを合理的に光パス網内に収容することができないという問題がある。

【0012】特願平 5-336330 号において示した現用と予備の光パスの経路候補をすべて求め設定する手法では、経路を全て求めその中からランダムに選択するため、光パスを収容できる経路と光パスに割当てられる

波長を合理的に設定するためには、多数回繰り返し設定する必要がある。このため、光パスの収容にはたいへんな時間がかかり、また網規模が大きくなった場合、計算時間の問題から収容が不可能となるものが生じるという問題がある。

【0013】本発明は、このような背景に行われたものであり、現用および予備の光パスの光パス網における収容設計に要する時間を短縮することができる光パス網構成方法を提供することを目的とする。本発明は、各光伝送路に光パスを合理的に収容することができる光パス網構成方法を提供することを目的とする。本発明は、本発明は多重波長数を少なくする光パス網構成方法を提供することを目的とする。本発明は、光伝送路の故障が発生したときにも各光伝送路に均等に光パスが割りつけられ、多重波長数を少なくする光パス網構成方法を提供することを目的とする。本発明は、経路の始点から終点までの間で波長変換を行う回数を小さくする光パス網構成方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、予備の光パスの経路探索時に用いる各光伝送路の距離として、故障により使用されることとなる予備の光パスの光伝送路への収容数を用いる。さらに全ての光伝送路故障を仮定し、光伝送路の距離の算出を行う。この光伝送路の距離に基づき最短経路探索を行うことにより、現用の光パスだけでなく予備パスの経路も含めて合理的に光パス網に収容することを特徴とする。さらに、光パスの経路設定を行う場合に、最短経路探索法または最大流路探索法を用いた、決定的手法により光パスの設定を行うため、収容設計に要する手間数の低減を行えることを特徴とする。

【0015】すなわち本発明は、波長多重を用いた光クロスコネクタ装置を有する複数のノードと、これらのノードを接続する複数の光伝送路とを備えた光通信網内のノード間を接続する経路を設定する光パス網構成方法である。

【0016】ここで、本発明の特徴とするところは、前記光伝送路に収容される光パスの収容数が最小になる経路を現用の経路として設定するステップと、各光伝送路毎にそれぞれ 1 箇所づつ故障が発生したものと想定し故障時のそれぞれの光伝送路の前記現用の経路に対する迂回経路の収容数が最小となる迂回経路を前記現用の経路の予備の経路として設定するステップと、設定された現用および予備の経路を構成するに必要とする波長数が少なくなるように現用および予備の経路を再度設定するステップとを備えるところにある。

【0017】前記再度設定するステップは、多重波長数が最大となる光伝送路を含む 1 以上の光伝送路については実行することが望ましい。一つの現用または予備の経路の始点から終点間に同一波長が割当てられるように設定することが望ましい。あるいは、同一の始点および終

5

点を有する現用および予備の経路について同一波長が割当てられるように設定することが望ましい。

【0018】

【作用】本発明は、予備パスの経路探索を行う場合に、全ての光伝送路の故障を想定し光伝送路の距離を算出し、最短経路の探索を行うため、現用と予備の光パスを合理的に光パス網に収容することができる。さらに、経路を探索する場合に、最短経路探索法または最大流路探索法の決定的な手法で経路を探索するために収容設定に要する手間数の低減が行えるため収容設計時間を短縮できる。

【0019】また、波長低減のための演算を多重波長数が最大となる光伝送路についてだけ行うため、波長低減の効果を有したまま演算時間を短縮することができる。一つの現用または予備の経路の始点から終点間について同一波長が割当てられるようにしたり、同一の始点および終点を有する現用および予備の経路について同一波長が割当てられるようにできる。

【0020】再度設定するステップは、多重波長数が最大となる光伝送路について実行して他の光伝送路については省略することにより、必要な波長数を小さくすることができるとともに、演算時間を短縮することができる。

【0021】一つの経路の始点から終点までの間の波長を同一とすることにより、波長変換がなくなり、必要とする波長数も小さくできる。故障時についても多重波長数を小さくすることができる。

【0022】

【実施例】

(第一実施例) 本発明第一実施例を図1~4を参照して説明する。図1は本発明第一実施例の現用の光パスの設定手順を示すフローチャートである。図2は本発明第一実施例の光パス収容例を示す図である。図3は本発明第一実施例の予備の光パスの設定手順を示すフローチャートである。図4は本発明第一実施例の必要波長数の低減化をはかる手順を示すフローチャートである。光パス網の全体構成は図9を参照のこと。

【0023】本発明は図9に示すように、波長多重を用いた光クロスコネクタ装置1~9を有する複数のノードと、これらのノードを接続する複数の光伝送路11~22とを備えた光通信網内のノード間を接続する経路を設定する光パス網構成方法である。

【0024】ここで、本発明の特徴とするところは、光伝送路11~22に収容される経路としての光パスの収容数を距離とおき、この距離が最小となる光パスを現用の光パスとして設定するステップと、各光伝送路11~22毎にそれぞれ1箇所ずつ故障が発生したものと想定し故障時のそれぞれの光伝送路11~22の前記現用の光パスに対する迂回光パスの収容数を距離とおき、この距離が最小となる迂回光パスを前記現用の光パスの予備

6

の光パスとして設定するステップとを備え、この設定された現用および予備の光パスを構成するに必要とする波長数が少なくなるように現用および予備の光パスを再度設定するステップを制御部42に備えるところにある。この再度設定するステップは、多重波長数が最大となる光伝送路について行う。

【0025】次に、本発明第一実施例の動作を説明する。図9に示すように、光クロスコネクタ装置1~9は光パスのクロスコネクタ切替えを行う。波長多重された光伝送路11~22は光クロスコネクタ装置1~9間を接続している。光パス31は現用の光パスであり、光パス32は故障発生時に光パス31の切替先となる予備の光パスである。光パス31および32は終端点33および34間を接続する。光パス制御装置41は光パスを制御する。制御部42は光パスの収容設計を行う。光パスデータ記憶装置43は制御部42で設定された光パスの経路データおよび割当波長データを記録する。制御信号リンク44は光パス制御装置41と各光クロスコネクタ装置1~9の間で制御信号を伝達する。

【0026】図1は、光パスに対し光伝送路毎に波長を割り当てる方式、すなわち光パスに割り当てる波長を光伝送路毎に変えることが許される光パス方式において、現用の光パス31の経路探索と予備の光パス32の経路探索を異なる重み関数を用いて行うことを特徴とする光パス収容設計手法である。ここでは、図9の光パス網において、現用の光パス31と予備の光パス32を設定する場合について説明する。ただし、予備の光パス32は現用の光パス31が通過する光クロスコネクタ装置1~9を通過しない経路を用いて設定を行うという条件を加えることとする。

【0027】光パス制御装置41に対し、設定を行う光パス31、32の終端点33、34を収容する光クロスコネクタ装置1、9の位置が入力される。これに基づき制御部42において、2つの光クロスコネクタ装置1、9を結びかつ網内で必要となる波長数が低減された経路を用いて光パス31、32の設定を行う。以下に、制御部42において行われる光パスの収容設計手法について説明する。

【0028】最初に、現用の光パス31の設定の手順を図1のフローチャートを用いて説明する。ただし、現用の光パス31を設定する手順は従来の最短経路を用いて設定する手法と同じである。光パス31の設定を行うためには他の光パスの情報が必要となるため、制御部42は光パスデータ記憶装置43から他の光パスのデータを読み出す。このデータに基づき、各光伝送路11~22中に収容されている現用の光パスの数を求め、得られた値を光伝送路11~22の距離と置く(S21)。設定を行おうとする光パスが複数存在する場合は、その設定順序を決定する必要がある。光パス31、32の終端点33、34を結ぶ経路のうち通過する光伝送路11~22

2の数が最小となる場合の通過光伝送路数を求める必要がある(この通過伝送路数の最小値を以後最小ホップ数と呼ぶ)。各光パスの最小ホップ数を比較し、この値の大きいものから設定を行うこととする(S22)。ただし、一般的にはこの順番に従って設定を行う場合において最良の必要波長数の低減の効果が得られるが、他の順序で設定を行う場合、例えば任意の順で設定を行ったとしても最良の結果が得られる場合がある。

【0029】S21で求めた各光伝送路11~22の距離に基づき最短経路探索を行い、この最短経路を現用の光パス31の経路とする(S23)。決定された経路が通過する光伝送路11、12、15、20の距離を1ずつ増加させることにより、各光伝送路11、12、15、20の距離の更新を行う(S24)。例えば、本実施例では、現用パス31の経路として光伝送路11、12、15、20を通過する経路が探索されたとする。このとき光伝送路11、12、15、20の距離の更新は、光伝送路11、12、15、20の距離に“1”を加えることにより行われる。S24の光伝送路11、12、15、20の距離の更新が終了したのち、全ての現用の光パス31の設定が終了したかを判定する(S25)。この結果、未設定の現用の光パスが存在すれば、S22で求めた設定順序に従い、次の現用の光パスの設定を行う(S26)。すなわち、S23~S25を繰り返して、全ての現用の光パスの設定を行う。S25の結果、全ての現用の光パスが設定されているならば、現用の光パス31の設定を終了し、新たに設定された現用の光パスに対する予備の光パスの設定を行う。

【0030】次に、予備の光パス32の設定の手順を図3のフローチャートを用いて説明する。まず、光パスデータ記憶装置43から読出された他の予備の光パスのデータを用いて、新たな予備の光パス32の経路探索に用

いる光伝送路13、18、21、22の距離を求める。最初に、ある一本の光伝送路を選択する。ただし、全ての光伝送路11~22に対し以下の手順を行うため、選択する光伝送路は任意でよい(S31)。この選択された光伝送路を通過する全ての現用の光パスを探索する

(S32)。探索された現用の光パスに対応する予備の光パスの各光伝送路に収容される予備の光パス数を求める(S33)。S33において得られた各光伝送路の予備の光パス収容数は、S31で選択された光伝送路が故障した場合に用いられる予備の光パスが各光伝送路にどの程度収容されているかを示す値である。このS32とS33を全ての光伝送路について行ったかを判定し(S34)、まだ選択されていない光伝送路が存在すれば次の光伝送路を選択し(S35)、S32とS33を行う。

【0031】例えば図2に示すように、現用の光パスAが光伝送路11、12を経路としてもち、予備の光パスAが光伝送路13、16、17、15を経路としてもつ光パスと、現用の光パスBが光伝送路12を経路としてもち、予備の光パスBが光伝送路14、17、15を経路としてもつ光パスが存在する場合について説明する。S31において光伝送路12を選択した場合、現用の光パスA、Bが通過するため、S32において各光伝送路に収容される予備の光パス数を求めた場合、光伝送路17、15は“2”であり、光伝送路13、14、16は“1”であり、他の光伝送路18~22ではすべて“0”となる。光パスA、Bの通過する光伝送路11、12のみについて、このS31~S34の結果を表1に示す。

【0032】

【表1】

光伝送路 の番号	11の故障時 の収容数	12の故障時 の収容数	15の故障時 の収容数	20の故障時 の収容数	総和
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	1	1	0	0	2
14	0	1	0	0	1
15	1	2	0	0	3
16	1	1	0	0	2
17	1	2	0	0	3
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0

S31~S35から算出された予備の光パスの収容数を用いて、予備の光パスの経路設定に用いる光伝送路の距離を求めることとする。ただし、予備の光パスの設定順序はS22で求めた現用の光パスの設定順序と同じであるとする。また、現用の光パスが通過する光伝送路全て

について故障を仮定し、全ての場合に得られる各光伝送路の予備の光パスの収容数の総和をとることにより、予備の光パスの経路探索に用いる各光伝送路の距離を求める(S36)。ここでは、現用の光パス31は光伝送路11、12、15、20を通過していないため、光伝送

路 11、12、15、20 が故障した場合に得られる各伝送路の予備の光バスの収容数の総和を算出する。この算出の結果を表 1 に示す。この表の最後に予備の光バスの収容数の総和を距離として示す。

【0033】本発明第一実施例においては、予備の光バスは現用の光バスが通過する光クロスコネクタ装置を通過しないという条件があるため、現用の光バスが通過する光クロスコネクタ装置に接続する光伝送路を選択することのないように、光伝送路の距離を設定する必要がある。これを実現するため、光バスの終端点を収容する光

クロスコネクタ装置以外の現用の光バスが通過する光クロスコネクタ装置に接続する光伝送路の距離を十分大きな値にし、最短経路探索においてこれらの光伝送路を選択しないようにする (S37)。ここでは、充分大きな値として“1000”を光伝送路の距離に加えている。この結果を表 2 に示す。表 2 では、S36 において求めた各光伝送路の距離を併せて示し、最短経路探索に用いる光伝送路の距離を最終的な結果として示す。

【0034】

10 【表 2】

光伝送路 の番号	S36 において求め た光伝送路の距離	現用の光バスと同一光クロスコ ネクタ装置を共有しないために 距離に加える値	経路探索に 用いる距離
11	0	1000	1000
12	0	1000	1000
13	2	0	2
14	1	1000	1001
15	3	1000	1003
16	2	0	2
17	3	1000	1003
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	1000	1000
21	0	0	0
22	0	0	0

図 9 に戻り、S36、S37 で得られた各光伝送路の距離に基づき最短経路を探索し、得られた経路を予備の光バスの経路とする (S38)。ここでは最短経路は光伝送路 13、18、21、22 を通過する経路が最短経路となり、このときの経路長は 2 となる。この得られた経路が予備の光バス 32 の経路となる。

【0035】予備の光バス 32 の経路を設定した後、全ての予備の光バスの設定を行ったかを判定する (S39)。この結果、未設定の予備の光バスが存在すれば、次の予備の光バスの設定を S36～S38 を繰り返し行い経路設定を行う (S40)。

【0036】全ての予備の光バスの設定が終了すれば、現用と予備の光バスの設定を終了し、得られたデータを光バスデータ記憶装置 43 に記憶する。さらに、制御装置 42 では各光伝送路毎に光バスに対し波長を割当てることとなる。このときの波長割当ては任意の割当て方でよい。現用の光バス 31 を実際に開通する場合には、光バス制御装置 41 が光バスデータ記憶装置 43 内の光バスの経路データと波長データに基づき光クロスコネクタ装置 1、2、3、6、9 へ制御信号を制御信号リンク 44 を介して送り、光バス 31、32 の接続を行うこととなる。

【0037】以上の手順において初期解の設定を行ったが、現用と予備の光バスの再設定を行い、網に必要となる波長数の低減をはかることにより、網のリソースの有効利用を行うことができる。しかし、必要波長数の低減

化をはかる手法において、全ての光バスの再設定を行った場合、繰り返し計算を行うことにより、収容設計に要する計算時間が増大する。そのため、一部の光バスの再設定を行うこととする。網に必要となる波長数は、故障する光伝送路により変化する。そこで、必要波長数が最大となる光伝送路の故障のみに注目し、この光伝送路の故障の影響を受ける光バスの再設定を行うこととする。この低減化をはかる手順を、図 4 に示したフローチャートを用いて説明する。

【0038】最初に、光バス網において必要波長数が最大となる光伝送路の故障を探索する (S41)。この光伝送路を通過する現用の光バスを全て探索する (S42)。S32 と S33 の現用の光バスの収容数を各光伝送路の距離とし、最短経路探索を行う手順により現用の光バスの経路の再設定を行う (S43)。ただし、再設定を行う順序は初期解を作成した場合と同じ設定順序で行う。S42 において探索された全ての現用の光バスの再設定が終了したかを判定する (S44)。この結果未設定の現用の光バスが存在すれば次の現用の光バスを選択し (S45)、S43 の手順によりその現用の光バスの再設定を行う。

【0039】全ての現用の光バスの再設定が終了した後、これらに対応する予備の光バスの再設定を行う。予備の光バスの再設定は、現用の光バスの再設定を行ったものと同じ順番で行う。まず、最初に設定を行う予備の光バスを選択する (S46)。再設定に用いる光伝送路

の距離をS36、S37の手順により求める。得られた各光伝送路の距離に基づき、最短経路を探索しこれを予備の光パスの経路とする(S47)。全ての予備の光パスの再設定を行ったかを判定し(S48)、未設定の予備の光パスが存在すれば次の予備の光パスを選択し(S49)、S47の手順により予備の光パスの再設定を行う。全ての予備の光パスの設定が終了すれば決められた規定回数の繰り返しを行ったかを確認する(S50)。まだ規定回数の繰り返しを行っていない場合は、S41~S49を再び行う。規定回数を終了すれば全ての処理を終了する。例えば、光クロスコネクタ装置が15台の光パス網において、規定回数として10回程度の繰り返しを行えば必要波長数の低減化がはかれる。

【0040】以上説明したとおり本発明第一実施例では、現用の光パス経路探索に用いる光伝送路の距離を現用の光パスの収容数とし、予備の光パスの経路探索に用いる光伝送路の距離を、任意の光伝送路故障を仮定した場合における予備の光パスの収容数として算出するため、網に必要となる波長数の低減をはかることのできる現用と予備の光パスの収容設計が可能となる。さらに、最短経路探索を行うことにより収容設計を行うために、光パスの全ての経路候補を探索し経路を決定する手法と比較して収容設計に必要な手間数を低減することが可能となる。すなわち、収容設計に必要な計算時間を短縮することが可能となる。

(第二実施例) 次に、本発明第二実施例を図5を参照して説明する。図5は本発明第二実施例の波長割当手順を示すフローチャートである。本発明第二実施例は本発明第一実施例において説明した光パスの経路設定法を用いて現用と予備の光パスの経路設定を行い、経路が設定された現用と予備の光パスに対し波長割当てを行う収容設計法である。本収容設計法は、現用の光パスと予備の光パスがともに光パス終端点の間で同じ波長を用いて収容する光パス方式において、現用と予備の光パスに対する割当波長が異なる場合を許す切替方式に適した収容設計法である。本収容設計法では、本発明第一実施例において図1のS21~S26と図3のS31~S40から得られた現用と予備の光パス経路の初期解を得た後、また図4のS41~S49を行い現用と予備の光パス経路の再設定が行われた後に、得られた現用と予備の光パス経路に対し、以下の波長割当てを行う手法である。以下に波長割当ての手順を説明する。

【0041】最初に、光パスに割当てる波長の初期化を行う。ここでは、波長の初期化は割当てる波長の番号#waveを“1”にすることとし、波長番号は波長チャネルの長さが小さいものから順に番号を割り当てるものとする(S51)。ただし、波長に割り当てる番号は任意の順序でもよい。波長の初期化を行った後、波長割当てを行う光パスの順序を決定する。現用と予備の光パス経路が通過する光伝送路の和をそれぞれ算出する。両者

の和を全ての光パスに対し求め、この値の大きい光パスから波長割当てを行うものとする(S52)。次に、波長#waveが使用可能であるかの判定を行うために用いるデータflag1とflag2の初期化を行う(S53)。ここで波長#waveが使用可能であるということは、波長#waveが他の光パスに割当てられていないため、光パスに対し波長割当てが可能である場合をいう。ただし、予備の光パスにおいては、光伝送路故障が生じた場合に同時に故障することがない複数の予備の光パスに対しては同一伝送路の同一波長を割当てることが可能となり、この場合も波長は使用可能であるとする。flag1は各光伝送路毎に割当てられる値であり、光伝送路の波長#waveが使用可能であれば“0”とし、使用不可であれば“1”とする。flag1は、光伝送路の番号を引数としてもつため、“flag1[光伝送路の番号]”と表すこととする。flag2は予備の光パスに波長割当て可能であるかどうかを示すデータであり、使用可能であれば“0”とし、使用可能であれば“1”とする。flag2は、現用の光パスが通過する光伝送路と、その光伝送路を通過する現用の光パスに対応した予備の光パスが通過する光伝送路の番号を引数としてもつ。このため、“flag2[現用の通過する光伝送路の番号][光伝送路の番号]”と表すこととする。例えば、図9の現用の光パス31の経路は光伝送路11、12、15、20で与えられ、それに対応する予備の光パス32の経路が光伝送路13、18、21、22で与えられる。この予備の光パス32に対し波長が割り当てられた場合のflag2の値を、以下に例として示す。現用の光パス31は光伝送路11、12、15、20を通過し、予備の光パス32が光伝送路13を通過しているのでflag2[11][13]=1, flag2[12][13]=1, flag2[15][13]=1, flag2[20][13]=1と与えられる。予備の光パスの経路全てにわたってflag2のデータを入れると、flag2[11][18]=1, flag2[12][18]=1, flag2[15][18]=1, flag2[20][18]=1とflag2[11][21]=1, flag2[12][21]=1, flag2[15][21]=1, flag2[20][21]=1とflag2[11][22]=1, flag2[12][22]=1, flag2[15][22]=1, flag2[20][22]=1となる。このflag1とflag2の初期化は全てのデータの値を“0”とすることで行われる(S53)。

【0042】flag1とflag2の初期化が行われた後、全ての光パスに対する波長割当てを波長割当順序にしたがって行う。最初、現用の光パスに対し、既に波長割当てが行われたかを判定する(S54)。割当てられている場合は、予備の光パスに波長割当てを行う(S

13

58~S61)。波長割当てがまだ行われていない場合、波長#waveが現用の光バス31の経路に対して割当て可能であるかを判定する(S55)。この判定は、現用の光バスの経路11、12、15、20のflag1の値が全て“0”であれば割当て可能と判定し、一つでも“1”がある場合は#waveは割当て不可と判定される。割当て可能と判定された場合、その現用の光バスに波長#waveを割当てる(S56)。さらに、flag1とflag2の値を更新する(S57)。これは、
 10 現用の光バス31の通過する光伝送路のflag1に対し、flag1[11]=1, flag1[12]=1, flag1[15]=1, flag1[20]=1とすることで更新が行われる。さらに、現用の光バス31に対し波長を割り当てたため、予備の光バス32に対しても使用不可となる。そこで、flag2[11]
 [a1]=1, flag2[12][a1]=1, flag2[15][a1]=1, flag2[20][a1]=1(a1は全ての光伝送路番号を示す)とする。
 【0043】現用の光バスに対し波長割当てを行った後に、この現用の光バスに対応する予備の光バスに対する波長割当てを行う。最初にこの予備の光バスが既に波長割当てが行われているかを判定する(S58)。割当てられている場合は、この光バスに対する波長割当てを終了しS62へ移る。割当てられていない場合は、波長#waveが予備の光バスに対し割当て可能であるかを判定する(S59)。この判定は、現用と予備の光バスの経路についてflag2の値を調べることにより行われる。予備の光バス32に対する判定では、現用の光バス経路が光伝送路11、12、15、20を通過し、予備の光バス32の経路が光伝送路13、18、21、22
 20 を通過しているので、flag2[11][13], flag2[11][18], flag2[11][21], flag2[11][22]と、flag2[12][13], flag2[12][18], flag2[12][21], flag2[12][22]と、flag2[15][13], flag2[15][18], flag2[15][21], flag2[15][22]と、flag2[20][13], flag2[20][18], flag2[20][21], flag2[20][22]の値全てが“0”である場合は割当て可能であると判定され、その他の場合は割当て不可と判定される。割当て不可と判定された場合はS62へ移る。

【0044】波長割当て可能と判定された場合、予備の光バス32に対し波長#waveを割当てる(S60)。さらに、flag1の値とflag2の値を更新する(S61)。これは、flag1[11]=1, flag1[12]=1, flag1[15]=1, flag1[20]=1とし、flag2[11][13]=1, flag2[11][18]=1, flag2[11][21]=1, flag2[11][22]=1, flag2[12][13]=1, flag2[12][18]=1, flag2[12][21]=1, flag2[12][22]=1, flag2[15][13]=1, flag2[15][18]=1, flag2[15][21]=1, flag2[15][22]=1, flag2[20][13]=1, flag2[20][18]=1, flag2[20][21]=1, flag2[20][22]=1とすることで更新が行われる。予備の光バス32に対する波長割当てを終了した後、全ての光バスに対し波長#waveの割当て判定を行ったかを調べる(S62)。この結果、まだ波長割当て判定を行っていない光バスがあれば、最初に設定した割当て順序に従い、次の光バスに対してS54~S61を行う。

14

1) [21]=1, flag2[11][22]=1, flag2[12][13]=1, flag2[12][18]=1, flag2[12][21]=1, flag2[12][22]=1, flag2[15][13]=1, flag2[15][18]=1, flag2[15][21]=1, flag2[15][22]=1, flag2[20][13]=1, flag2[20][18]=1, flag2[20][21]=1, flag2[20][22]=1とすることでflag1とflag2の更新が行われる。予備の光バス32に対する波長割当てを終了した後、全ての光バスに対し波長#waveの割当て判定を行ったかを調べる(S62)。この結果、まだ波長割当て判定を行っていない光バスがあれば、最初に設定した割当て順序に従い、次の光バスに対してS54~S61を行う。

【0045】全ての光バスに対し波長の割当て判定が行われたのなら、全ての光バスに波長が割当てられたかを調べる(S63)。波長割当てが行われていない光バスが存在する場合、波長番号#waveに“1”を加えS53~S63を行う。全ての光バスに対し波長割当てが行われた場合は、この波長割当てを終了する。

【0046】本波長割当て手法を行った結果、割当てた波長の最大の番号が網に必要となる波長数に等しくなる。必要波長数の低減を行うためには、光バス経路の再設定を行い、この再設定が行われた経路に対し波長割当てを行うことにより、必要波長数が低減できる経路を探索する。例えば、15台の光クロスコネクタ装置を持つ光バス網においては10回程度経路の再設定を行えば必要波長数の低減化が行える。

【0047】以上説明したように、本実施例では、現用と予備の光バスに対し光バス終端点間に1波長を割り当てる方式の光バスに対しても、必要波長数の低減化をはかり、さらに経路設定の手間数を減少することにより従来に比べ計算時間を短縮した収容設定が行える。

(第三実施例)次に、本発明第三実施例を図6および図7を参照して説明する。図6は本発明第三実施例を説明するための光バスを示す図である。図7は本発明第三実施例の光バスの初期解を設定する手順を示すフローチャートである。本発明第三実施例は、現用と予備の光バス
 40 に対し同一の波長を光バス終端点間に割当てる光バス方式において、光バスの収容設計を行う手法である。また、単一伝送路故障を想定した故障切替方式を適用するものとする。

【0048】図7に示すように、光バスの設定を行う順番は、各光バスの最小ホップ数を比較し、その最大のものから光バスの設定を行うものとする(S71)。光バスの設定を行う前に、光バスに割り当てる波長の初期化を行う。ここでは、波長の初期化を光バスに割り当てる波長の番号#waveを“1”にすることで行う(S72)。次に、波長#waveが使用可能であるかの判定

を行うために用いるデータ $capa$ と $flag$ の初期化を行う (S73)。 $capa$ は現用の光パスを設定する場合に使用するデータであり、光伝送路において波長 $\# wave$ が使用可能である場合、 $capa$ に対し定数を与え、使用不可であれば $capa$ に“0”を与える。例えば、光クロスコネクタ装置が15台ぐらいの物理網規模であれば使用可能な場合に与える $capa$ の値は“5”ぐらいでよい。 $flag$ は予備の光パスを設定する場合に使用するデータであり、波長 $\# wave$ が予備の光パスに対し使用可能であれば“0”を与え、使用不可であれば“1”を与える。

【0049】例えば図6に示す光パスの例では、現用の光パスAの通過する光伝送路において、 $capa[16] = 0$ 、 $capa[19] = 0$ となり、予備の光パスAの通過する光伝送路において、 $capa[18] = 0$ 、 $capa[21] = 0$ となり、他の光伝送路における $capa$ の値はすべて“5”となる。また、 $flag$ については、現用の光パスの経路から、 $flag[16] = 1$ 、 $flag[19] = 1$ であり、他の光伝送路における $flag$ の値はすべて“0”となる。現用の光パスの経路のみから、 $flag$ の値を決定する理由を以下に示す。波長の衝突を避けるために、同一波長を割当てられた複数の現用の光パスが、同一の光伝送路に収容されることはない。すなわち、単一光伝送路故障が発生した場合には、同じ波長が割当てられた光パスが同時に故障により切断されることはない。このため、例えば、光伝送路16が故障した場合、切断されるのは現用の光パスAのみであり、このとき他の予備の光パスは使用されない。

【0050】逆に、他の現用の光パスが切断された場合、現用の光パスAは故障の影響を受けないため、予備の光パスBは使用されない。すなわち、予備の光パス同士であれば同一光伝送路の同一波長を共有することが可能となる。これに対し、現用の光パスに割当てられた波長は常に使用される。すなわち、現用の光パスに割当てられた波長を予備の光パスへの割当ては不可であるため、 $flag$ の値は現用の光パスの経路により決定するのである。

【0051】最初に $capa$ を用いて現用の光パスの設定を行う。 $capa$ の値を各光伝送路の容量とし最大流路探索を行い、現用の光パスの経路を探索する (S74)。ただし、最大流路探索を行う場合、流量の単位を“1”として探索を行う。経路探索の後、経路候補が存在するかの判定を行う (S75)。経路候補が存在する場合は続けて予備の光パスの経路探索を行う。予備の光パスの経路設定を最短経路探索を用いて行うために、 $flag$ の値と S74 で求めた現用の光パス経路から各光伝送路の距離を算出する (S76)。このとき、使用不可となる光伝送路を通過する経路を予備の光パスの経路として探索しないため、使用不可となる光伝送路の距離

に対し充分大きい値を与える。これにより、最短経路探索を行った場合、使用不可となる経路は選択されない。例えば、15台の光クロスコネクタ装置を有する物理網においては、 10^3 ぐらいを使用不可となる光伝送路の距離として与える。これに対し、使用可能となる光伝送路の距離に対し“1”を与える。

【0052】次に現用の光パスの経路候補が通過する光伝送路に対しても同じ大きさの距離を与えその光伝送路を使用した経路が選択されないように光伝送路の距離を設定する。さらに、ここでは現用と予備の光パスが同一の光クロスコネクタ装置を通過しないという条件を付加するために、現用の光パスの通過する光クロスコネクタ装置のうち、光パスの終端点を収容する光クロスコネクタ装置以外に接続する光伝送路の距離もある程度大きな値とし、この光伝送路を経路として選択しないようにする。以上のように光伝送路の距離を全ての現用の光パスに対し設定する (S76)。設定された光伝送路の距離に基づき、予備の光パスの経路として最短経路を探索する (S77)。この結果、予備の光パスの経路が存在するかを判定する (S78)。予備の光パスの経路が存在する場合、複数の現用の光パス候補が存在するため、その中から現用と予備の光パスが通過する光伝送路の和が最小となるものを現用と予備の光パスとして選択する。さらに、波長 $\# wave$ を現用と予備の光パスに割り当てる波長とし、光パスの経路と割当て波長を決定する (S79)。

決定された現用と予備の光パスのデータに基づき波長割当てデータ $capa$ と $flag$ の更新を行う (S80)。この光パスの設定が終了した後、設定が終了していない全ての光パスに対し波長 $\# wave$ の割当てを試みたかを判定する (S81)。この S81 の判定においてまだ波長 $\# wave$ の割当てを試みない光パスが存在する場合は S71 において決定した光パスの設定順番に従い、未設定の光パスを一つ選択し (S82)、S74～S81 の手順を行い光パスの設定を行う。S71 の判定の結果全ての光パスに対し波長 $\# wave$ における光パスの設定を試みたか判定された場合、全ての光パスの設定が終了したかを判定する (S83)。この結果、全ての光パスの設定が終了していれば、初期解の設定を終了する。まだ未設定の光パスが存在すれば波長 $\# wave$ の値を“1”増加させ (S84)、S73～S83 の手順を繰り返し行う。以上の手順を用いて現用と予備の光パスの初期解の設定を終了する。

【0053】さらに網に必要となる波長数の低減化をはかる手順を図8を参照して説明する。図8は本発明第三実施例における必要波長数の低減化の手順を示すフローチャートである。最初に波長 $\# wave$ を“1”とする (S91)。次に波長 $\# wave$ が割当てられている光パスを全て探索する (S92)。この波長 $\# wave$ が割当てられた現用と予備の光パスが、ともに他の波長を用いて設定可能であるかを調べる (S93)。この結

果、他波長を割当てることが可能であると判定された場合、S 9 2 で探索された光パス全てについて、他波長が割当て可能であるかを判定する (S 9 5)。この結果、まだ調べていない光パスが存在すれば次の光パスに移り (S 9 6)、S 9 3 ~ S 9 5 の手順を行う。S 9 5 の結果、波長 # wave が割当てられている光パスが全て他の波長へ割当てられたならば、波長 # wave はどの光パスにも割当てられていないこととなり、網に必要となる波長数を一波長低減できる (S 9 9)。S 9 4 において波長 # wave の割当てられた光パスが他の波長を割り当てることが不可となった場合、次に、全ての光パスを他の波長への割当てを試みたかを判定する (S 9 8)。この結果まだ全ての光パスについて試みていないならば、波長 # wave の値を "1" 増加させ (S 9 9)、S 9 3 ~ S 9 9 の手順を繰り返す。S 9 8 の判定において全ての光パスに対し他の波長の割当てを試みた結果、どの波長においても他の波長へ割当て直すことが不可となった場合は波長の低減がこれ以上不可能となった場合である (S 1 0 0)。この場合は、この必要波長数低減化の手順を終了する。

【0 0 5 4】以上、説明したとおり本発明は、現用と予備に対し最大流路探索を用いて現用の光パスを設定し、最短経路探索を用いて予備の光パスの設定を行うため、全ての経路候補を探索し光パスの設定を行う場合に比べて収容設計に要する計算時間の短縮が可能となる。さらに、現用と予備の経路設定ならびに、波長割当てを同時に行うため予備と現用の経路を別々に求める従来の方法に比べて波長低減化が少ない手順で得られるという特徴を持つ。

【0 0 5 5】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光パス網における経路探索を現用の光パスと予備の光パスとの間で別々の重み関数を用いて行うため、光パス網における波長多重数を小さくする光パス網が構築できる。さらに、一般的に知られた最短経路探索法ならびに

最大流路探索法を用いた発見手法により光パスの収容設計を行うため、この光パスの収容設計に要する手間数の低減、すなわち計算時間の短縮化をはかることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明第一実施例の現用の光パスの設定手順を示すフローチャート。

【図 2】本発明第一実施例の光パス収容例を示す図。

【図 3】本発明第一実施例の予備の光パスの設定手順を示すフローチャート。

【図 4】本発明第一実施例の必要波長数の低減化をはかる手順を示すフローチャート。

【図 5】本発明第二実施例の波長割当手順を示すフローチャート。

【図 6】本発明第三実施例を説明するための光パスを示す図。

【図 7】本発明第三実施例の光パスの初期解を設定する手順を示すフローチャート。

【図 8】本発明第三実施例における必要波長数の低減化の手順を示すフローチャート。

【図 9】光パス網の構成を示す図。

【図 1 0】従来例の光パスを設定する手順を示すフローチャート。

【図 1 1】従来例の光パスを設定する手順を示すフローチャート。

【符号の説明】

1 ~ 9 光クロスコネクタ装置

1 1 ~ 2 2 光伝送路

3 1 現用の光パス

3 2 予備の光パス

3 3、3 4 終端点

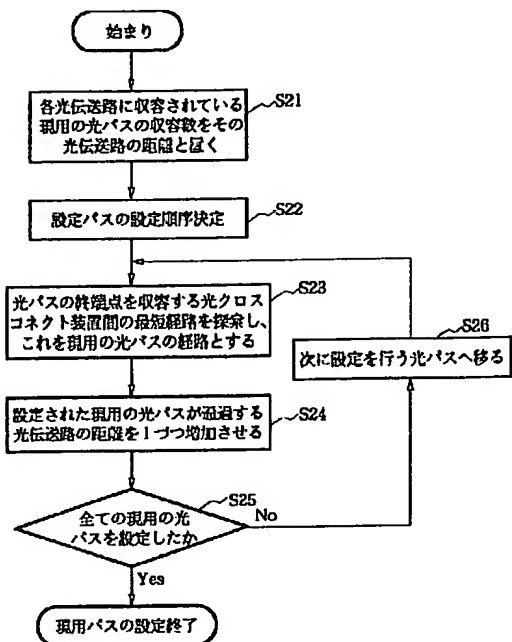
4 1 光パス制御装置

4 2 制御部

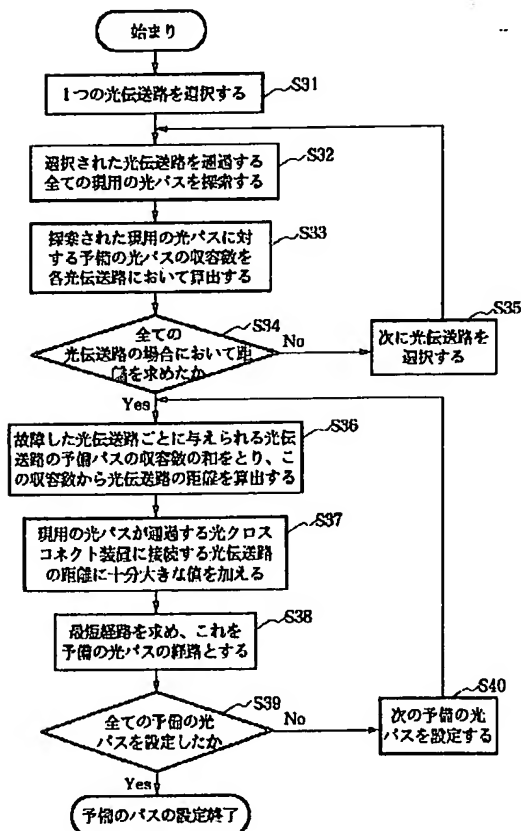
4 3 光パスデータ記憶装置

4 4 制御信号リンク

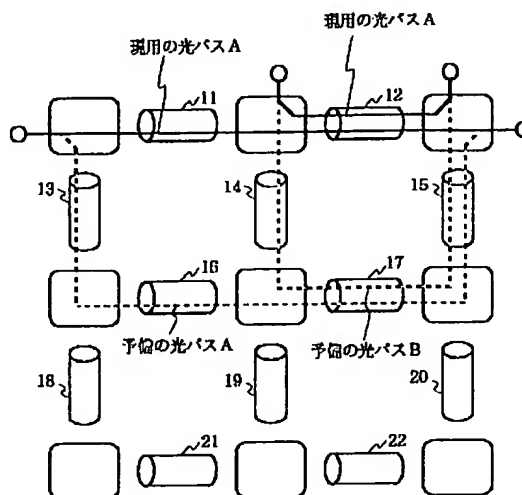
【図 1】



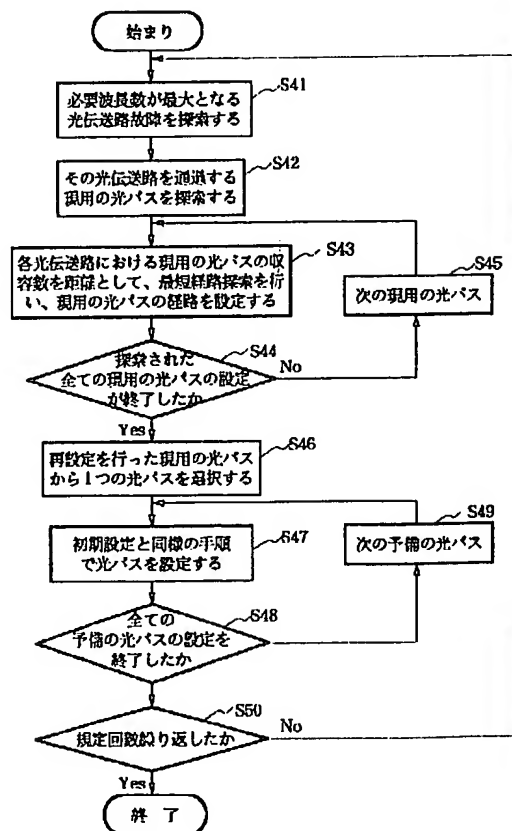
【図 3】



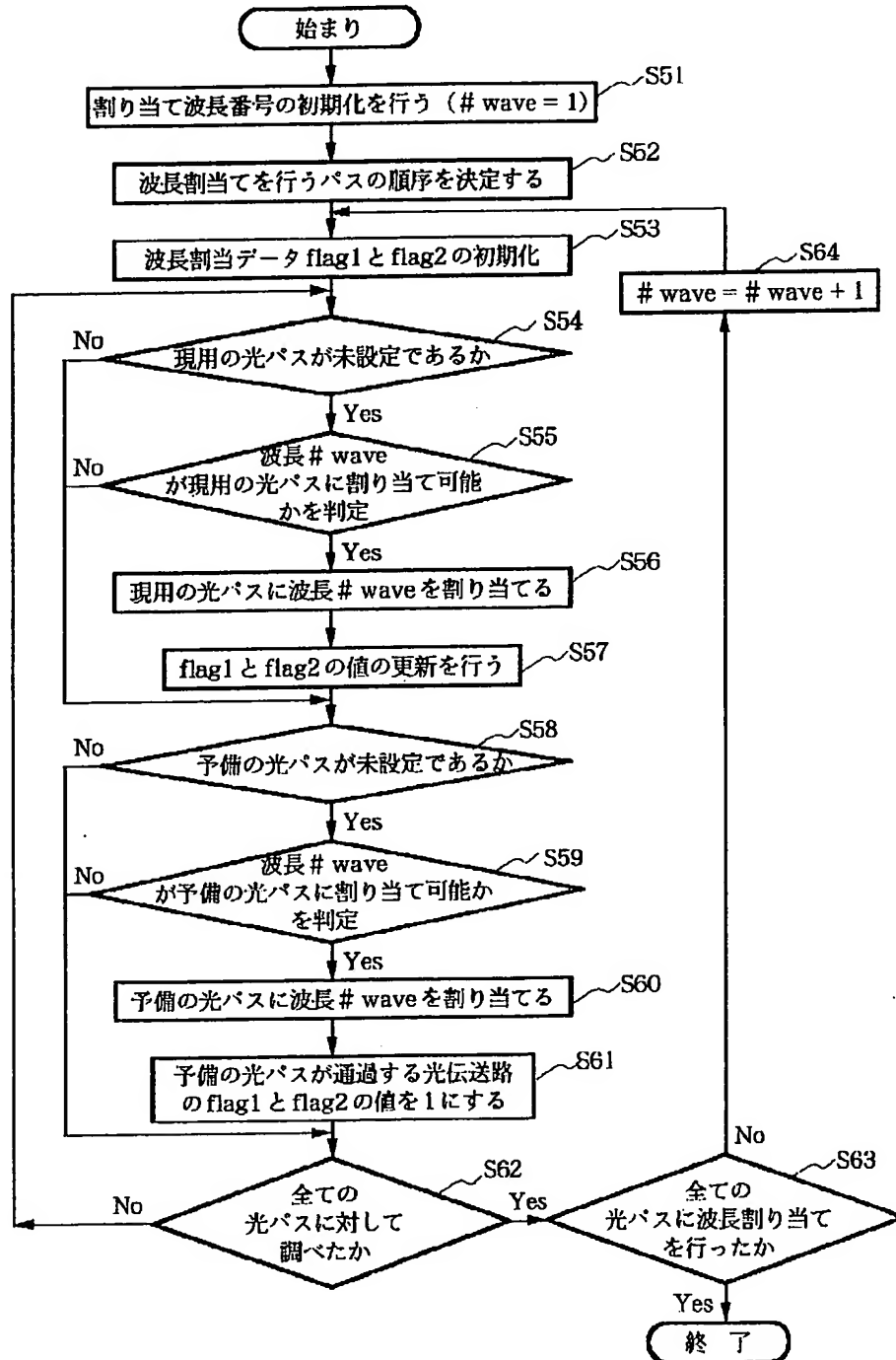
【図 2】



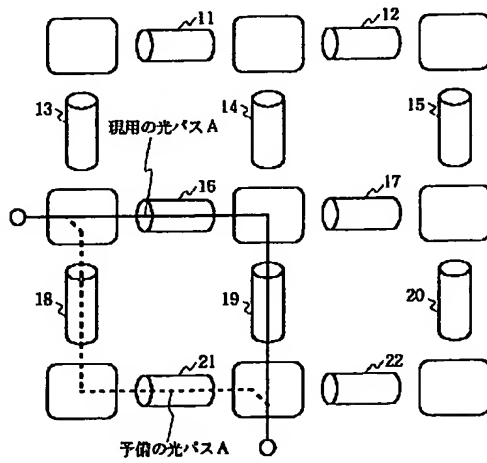
【図 4】



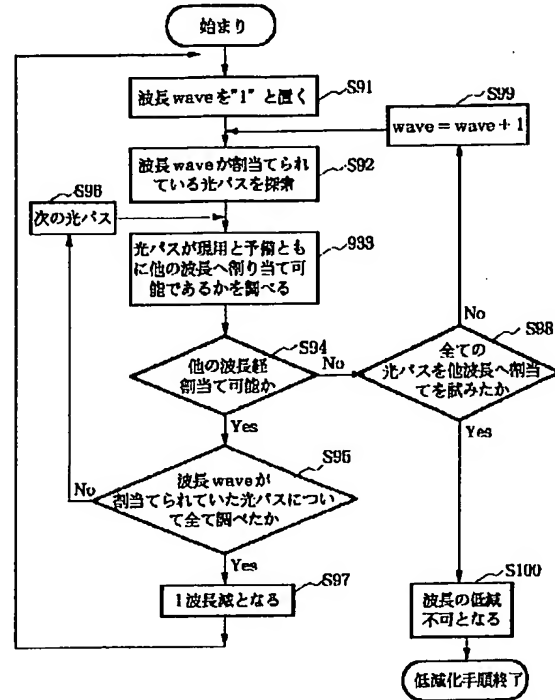
【図 5】



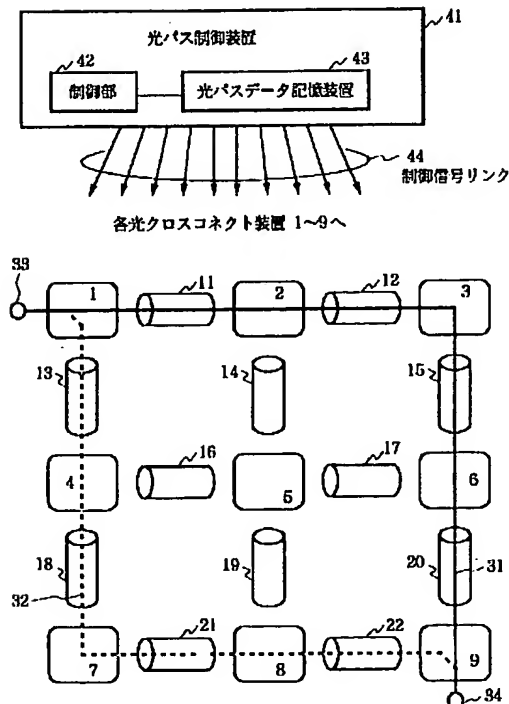
【図 6】



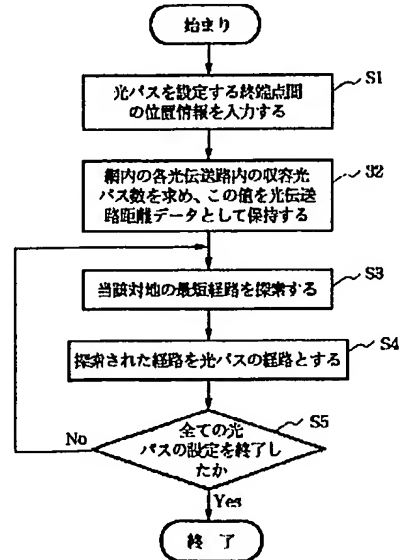
【図 8】



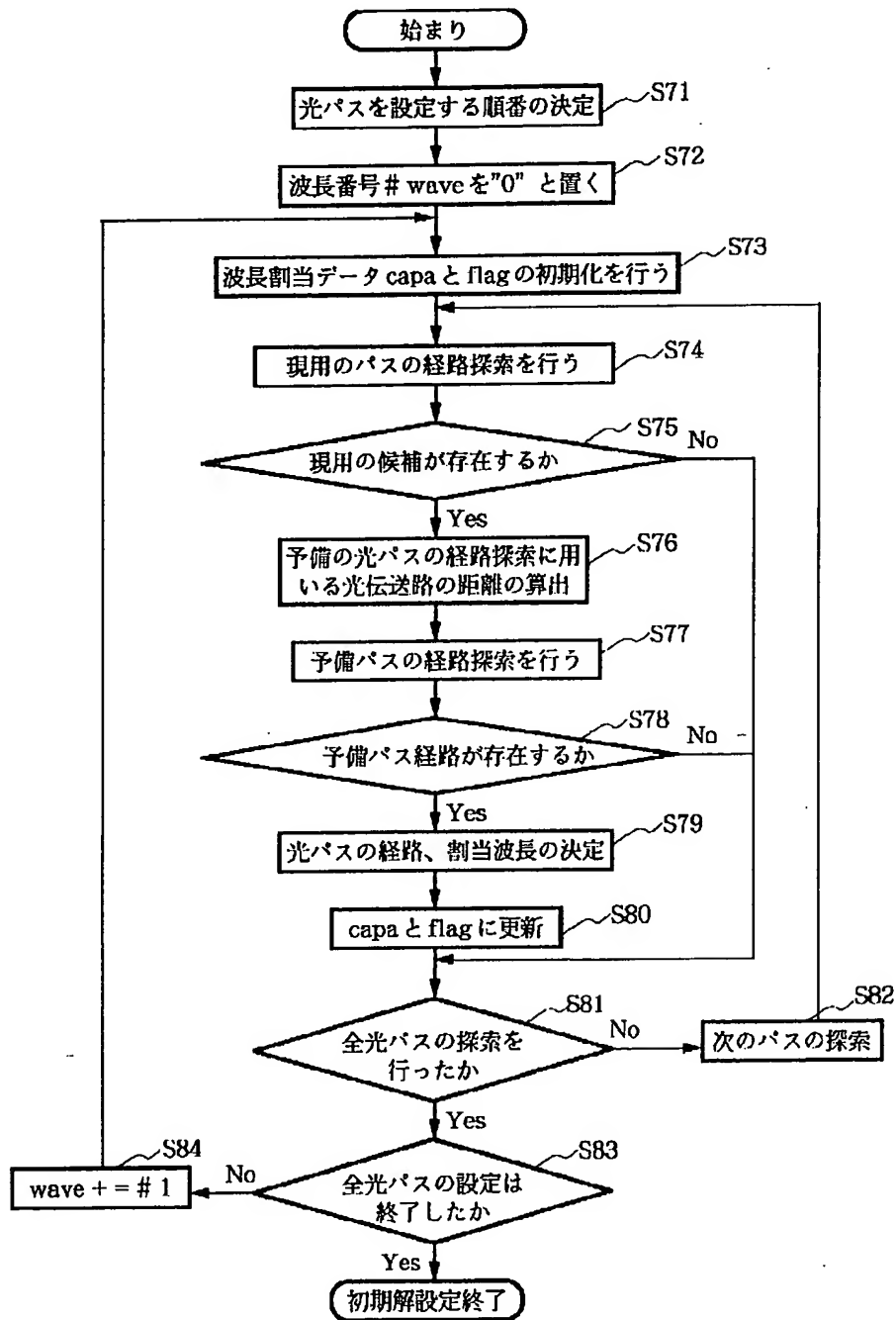
【図 9】



【図 10】



【図 7】



【図 1 1】

